



PCT/FR 2004/050739

24 DEC. 2004

REC'D 04 MAR 2005

WIPO

PCT

# BREVET D'INVENTION

**CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 NOV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

**DOCUMENT DE  
PRIORITÉ**  
PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA RÈGLE  
17.1. a) OU b)

**INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE**

**SIEGE**  
26 bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)





# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08  
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	Jean LEHU BREVATOME 3, rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B 14487 CS DD 2649	

<b>1 NATURE DE LA DEMANDE</b>			
Demande de brevet			
<b>2 TITRE DE L'INVENTION</b>			
		COMMUTATEUR OPTIQUE SIMPLIFIE	
<b>3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE</b>		Pays ou organisation	Date N°
<b>4-1 DEMANDEUR</b>			
Nom	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE		
Rue	31-33, rue de la Fédération		
Code postal et ville	75752 PARIS 15ème		
Pays	France		
Nationalité	France		
Forme juridique	Etablissement Public de Caractère Scientifique, technique et Ind		
<b>5A MANDATAIRE</b>			
Nom	LEHU		
Prénom	Jean		
Qualité	Liste spéciale: 422-5 S/002, Pouvoir général: 7068		
Cabinet ou Société	BREVATOME		
Rue	3, rue du Docteur Lancereaux		
Code postal et ville	75008 PARIS		
N° de téléphone	01 53 83 94 00		
N° de télécopie	01 45 63 83 33		
Courrier électronique	brevets.patents@brevallex.com		
<b>6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS</b>		Fichier électronique	Pages
Texte du brevet		textebrevet.pdf	33
Dessins		dessins.pdf	10
Désignation d'inventeurs		D 28, R 4, AB 1	
Pouvoir général		page 10, figures 19, Abrégé: page 4, Fig.4	

<b>7 MODE DE PAIEMENT</b>				
Mode de paiement		Prélèvement du compte courant		
Numéro du compte client		024		
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>				
Etablissement immédiat				
<b>9 REDEVANCES JOINTES</b>	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	6.00	90.00
Total à acquitter	EURO			410.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.  
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

**Signé par**

Signataire: FR, Brevatome, J.Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

**Fonction**

Mandataire agréé (Mandataire 1)



## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

### Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet : X

Demande de CU :

<b>DATE DE RECEPTION</b>	23 décembre 2003	
<b>TYPE DE DEPOT</b>	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	Dépôt en ligne: X
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI</b>	0351188	Dépôt sur support CD:
<b>Vos références pour ce dossier</b>	B 14487 CS DD 2649	

**DEMANDEUR**

Nom ou dénomination sociale	COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

**TITRE DE L'INVENTION**

COMMUTATEUR OPTIQUE SIMPLIFIE

**DOCUMENTS ENVOYES**

package-data.xml	Requetefr.PDF	application-body.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	fee-sheet.xml
FR-office-specific-info.xml	Comment.PDF	textebrevet.pdf
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	request.xml

**EFFECTUE PAR**

Effectué par:	J. Lehu
Date et heure de réception électronique:	23 décembre 2003 16:02:21
Empreinte officielle du dépôt	A2:D6:BD:2D:40:A7:46:1A:B0:39:51:0E:31:D8:98:F6:05:15:AA:B3

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL  
INSTITUT 28 bis, rue de Saint Petersbourg  
NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08  
LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04  
INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 53 30

**COMMUTATEUR OPTIQUE SIMPLIFIE****DESCRIPTION****DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention est relative à un  
5 commutateur tout optique simplifié.

**ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE**

La commutation de faisceaux optiques se  
développe de plus en plus, dans les systèmes de  
10 télécommunications, du fait de l'accroissement du  
nombre de connexion à gérer, du nombre de longueurs  
d'ondes mises en jeu et de l'augmentation des  
fréquences de transmission. Les commutateurs tout  
optique sont des briques de base dans les architectures  
15 actuellement développées. Cette évolution rend en effet  
de plus en plus difficile la commutation traditionnelle  
qui nécessite une conversion optique électronique, puis  
après commutation électronique, une conversion  
électronique optique. Les commutateurs tout optique  
20 commencent à apparaître.

Le principe de base d'un commutateur tout  
optique, placé entre plusieurs voies optiques d'entrée  
et plusieurs voies optiques de sortie, est d'orienter  
un quelconque faisceau optique transmis par cette voie  
25 d'entrée vers une quelconque voie de sortie. Il s'agit  
d'une commutation point à point. Dans ce contexte, une  
voie optique est un dispositif capable de transmettre  
un faisceau optique, elle peut être guidée comme une

fibre optique mais la transmission peut aussi se faire en espace libre.

Un commutateur tout optique point à point est par exemple connu de la demande de brevet français  
5 FR 2 821 681, il prend la dénomination de routeur.

Dans les systèmes plus complexes, les voies optiques sont regroupées en lignes optiques et plus le nombre de voies par ligne est grand, plus le commutateur devient complexe et coûteux. Il existe  
10 toutefois des applications qui peuvent se contenter d'un fonctionnement plus limité. Dans ces applications, on cherche seulement à commuter une ligne d'entrée vers une ligne de sortie. Il s'agit d'une commutation bloc à bloc. Un commutateur point à point est alors  
15 surdimensionné. C'est notamment le cas dans l'exemple illustré à la figure 1A. Une commutation bloc à bloc serait moins complexe et moins onéreuse qu'une commutation point à point.

La figure 1A illustre un exemple de circuit  
20 optique de transmission avec circuit de secours. Il comporte deux lignes optiques de transmission A et B, elles comportent chacune n voies optiques 1 à 4 (ici n=4). La ligne optique A est une ligne optique principale destinée à véhiculer des signaux optiques  
25 vers un dispositif utilisateur (non représenté) et la ligne optique B est une ligne optique de secours destinée à prendre le relais de la ligne optique principale A en cas de défaut D apparaissant sur cette dernière. Un défaut peut consister en la détérioration  
30 de la ligne optique principale A par exemple par cassure d'une ou plusieurs de ses voies optiques

guidées, par la coupure de la ligne optique principale A pour des travaux de maintenance ou par l'apparition de pertes momentanées sur la ligne optique principale A à cause de travaux dans son voisinage.

5                   En cas de défaut D, matérialisé par deux encoches sur la ligne optique principale A, la ligne optique de secours B prend le relais pour la transmission des signaux optiques en contournant le défaut D. Une fois le défaut passé, les signaux  
10 véhiculés sur la ligne optique de secours B, transitent de nouveau par la ligne optique principale A. Il est important de pouvoir commuter rapidement la ligne optique principale A vers la ligne optique de secours B en amont du défaut D puis de commuter de la ligne  
15 optique de secours B vers la ligne optique principale A en aval du défaut. On dispose de deux commutateurs  $2n \times 2n$  (ici  $8 \times 8$ ) en cascade, l'un SW1 placé en amont du défaut D et l'autre SW2 placé en aval du défaut D. Chaque commutateur comporte  $2n$  entrées et  $2n$  sorties.  
20 Les deux commutateurs SW1, SW2 sont reliés à la fois à la ligne A et à la ligne B. Sur la figure 1A, les flèches montrent le chemin suivi par les signaux optiques que doit transmettre le circuit optique. Ces derniers, véhiculés par la ligne optique principale A  
25 sont déviés vers la ligne optique de secours B par le premier commutateur SW1 et sont déviés de la ligne optique de secours B vers la ligne optique principale A par le second commutateur SW2.

30                   Les commutateurs SW1, SW2 sont des commutateurs  $2n \times 2n$  point à point et ils sont surdimensionnés par rapport à l'usage qui en fait



puisque, pour assurer la continuité de la transmission, il suffit de commuter en bloc la ligne optique principale A à n voies optiques vers la ligne optique de secours B à n voies optiques. De tels commutateurs  
5 sont très coûteux, leur réalisation et leur utilisation sont complexes et cette complexité s'accroît énormément plus n est grand. Dans cette application, l'utilisation de tels commutateurs est injustifiée car ils ne sont pas utilisés au maximum de leurs possibilités.

10 On peut se référer à la figure 1B qui montre un schéma détaillé d'un commutateur conventionnel 4x4, point à point, conforme à l'enseignement des demandes de brevet FR 2 821 681 et FR 2 821 678, ce commutateur utilisant le principe de  
15 l'amplification angulaire et étant réversible.

Il comporte en cascade entre quatre premières voies optiques E1 à E4 et quatre secondes voies optiques S1 à S4 : un premier module de déflexion MDE, un module de liaison ML, un second module de  
20 déflexion MDS. Cette succession de trois modules est insérée entre un premier module de mise en forme Ble1 et un second module de mise en forme Ble2.

Les premier et second modules de mise en forme Ble1 et Ble2 comportent des éléments de mise en  
25 forme (ici au nombre de quatre) agencés en barrette. Le premier module de déflexion MDE comporte un premier et un second groupes BF1, BF2 de plusieurs éléments de déflexion F1, F2, (ici au nombre de quatre chacun) par exemple agencés chacun en barrette, séparés par un  
30 ensemble Ba1 de plusieurs éléments de conjugaison optique a1 (au nombre de quatre) agencés par exemple en

barrette. Le second module de déflexion MDS comporte un premier et un second groupes BF1', BF2' d'éléments de déflexion F1', F2' (au nombre de quatre chacun) par exemple agencés en barrette, séparés par un ensemble

5 Ba1' d'éléments de conjugaison optique a1' (au nombre de quatre) agencés par exemple en barrette. Le nombre de quatre pour les différents éléments correspond au nombre d'entrées et au nombre de sorties du commutateur point à point.

10 Les éléments de mise en forme le1, le2 ont pour rôle de mettre en forme les faisceaux optiques (non représentés) issus des voies optiques E1 à E4 et à destination des voies optiques S1 à S4, en faisant une conjugaison optique entre l'origine des faisceaux

15 optiques issus des voies optiques E1 à E4 (respectivement S1 à S4) et les éléments de déflexion F1 (respectivement F2'). On peut utiliser pour assurer cette conjugaison optique par exemple des lentilles ou des micro-lentilles.

20 Les éléments de déflexion F1, F2, F1', F2' peuvent être des miroirs (des micro-miroirs) orientables autour d'un axe, aptes à prendre au moins deux positions angulaires.

Les éléments de conjugaison a1, a1' réalisent une conjugaison objet-image souhaitée entre

25 les éléments de déflexion successifs F1, F2 et F1', F2' avec un grossissement approprié. Ces éléments de conjugaison a1, a1' peuvent être par exemple des lentilles ou des micro-lentilles.

30 Le module de liaison ML réalise une conjugaison biunivoque entre les différentes positions

de déflexion angulaire générées par le premier module de déflexion MDE et les éléments de déflexion F1' du premier groupe BF1' du second module de déflexion MDS. Un tel module de liaison ML peut être réalisé par  
5 exemple par une lentille appropriée, par exemple comme décrit dans les demandes de brevet FR 2 821 681 ou FR 2 821 678.

Cette configuration est complexe à réaliser et à utiliser vu le grand nombre d'éléments de  
10 déflexion entrant en jeu. Pour quatre voies d'entrée, il y a quatre barrettes BF1, BF2, BF1', BF2' de quatre éléments de déflexion F1, F2, F1', F2' soit seize éléments de déflexion.

## 15 EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a justement comme but de proposer un commutateur optique qui ne présente les inconvénients mentionnés ci-dessus notamment la complexité de réalisation et d'utilisation ainsi que le  
20 coût.

Un but de l'invention est de proposer un commutateur optique simplifié qui soit capable de commuter en bloc les voix optiques d'au moins une première ligne optique vers les voies optiques d'une  
25 seconde ligne optique, cette commutation faisant conserver ou non, aux voix optiques, dans la seconde ligne optique, le rang qu'elles avaient dans la première ligne optique.

Pour y par venir, la présente invention  
30 propose d'introduire dans le commutateur au moins une

fonction de sélection entre des faisceaux optiques de lignes différentes ayant un même rang.

Plus précisément la présente invention est un commutateur optique destiné à être monté entre des  
5 premières lignes optiques comportant chacune une ou plusieurs voies optiques possédant un rang au sein de leur ligne optique et des secondes lignes optiques comportant chacune une ou plusieurs voies optiques possédant un rang au sein de leur ligne optique. Le  
10 commutateur comporte :

des moyens de sélection comprenant au moins un élément de sélection apte à sélectionner une seule voie optique parmi un ensemble d'au moins deux voies optiques des premières lignes optiques ou des secondes  
15 lignes optiques, les voies optiques de cet ensemble ayant un même rang,

des moyens de connexion aptes à coupler la voie optique sélectionnée à une des voies des secondes lignes optiques ou des premières lignes optiques  
20 respectivement.

Un tel commutateur est réversible, il fonctionne dans deux sens des premières lignes optiques vers les secondes lignes optiques et/ou vice-versa.

L'élément de sélection comporte au moins un  
25 élément de déviation, tel une lentille, associé à au moins un élément de déflexion, tel un miroir, apte à prendre plusieurs positions angulaires.

Parmi ces positions angulaires, l'une des positions est une position de repos située entre deux  
30 positions actives.

Lorsque l'élément de déviation est une lentille, les voies optiques de l'ensemble peuvent être placées de sorte que les faisceaux optiques issus desdites voies optiques ont une origine au point focal objet de la lentille de déviation, l'élément de  
5 déflexion étant placé au point focal image de la lentille de déviation.

Pour des facilités de montage, les éléments de sélection peuvent être regroupés en un ou plusieurs  
10 modules de sélection.

Les moyens de connexion peuvent alors être situés après un module de sélection ou bien entre deux modules de sélection.

Les moyens de connexion peuvent comporter  
15 au moins une connexion optique en espace libre ou guidé. La connexion en espace libre peut comprendre au moins une barrette de lentilles.

Dans une variante, les moyens de connexion peuvent comprendre un module de liaison.

20 Dans certaines applications dans lesquelles on est amené à changer le rang des voies d'une ligne après subi la commutation, les moyens de connexion peuvent englober des moyens de commutation point à point. Ces derniers seront moins complexes et moins  
25 coûteux que ceux utilisés par le passé car ils n'agiront pas sur toutes les voies mais seulement sur celles qui sont sélectionnées.

Les moyens de commutation point à point peuvent comporter une cascade avec un premier module de  
30 déflexion, un module de liaison, un second module de déflexion.

La cascade peut être insérée entre un premier module de mise en forme et un second module de mise en forme.

5 Dans ces moyens de commutation point à point, un module de déflexion peut comporter un ou plusieurs élément de conjugaison entre un ou plusieurs premiers éléments de déflexion et un ou plusieurs seconds éléments de déflexion.

10 Pour simplifier encore le commutateur, un ou plusieurs éléments de déflexion d'au moins un module de déflexion des moyens de commutation point à point sont confondus avec un ou plusieurs éléments de déflexion des moyens de sélection.

## 15 BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur  
20 lesquels :

les figures 1A et 1B (déjà décrites) sont un exemple de circuit optique de transmission avec circuit de secours utilisant des commutateurs point à point conventionnels et un schéma détaillé d'un des  
25 commutateurs point à point conventionnel ;

les figures 2A à 2C montrent un premier mode de réalisation d'un élément de sélection et les positions potentielles que peut prendre son élément de déflexion ;

30 les figures 3A à 3C montrent un second mode de réalisation d'un élément de sélection ;

les figures 4A, 4B, 4C montrent respectivement un schéma de principe d'un commutateur selon l'invention apte à remplacer un des commutateurs SW1, SW2 de la figure 1A, et deux modes de réalisation d'un tel commutateur ;

la figure 5A est un exemple de circuit optique avec ligne principale et ligne de secours et deux commutateurs point à point conventionnels destinés à commuter les voies de la ligne principale vers les voies de la ligne de secours, le rang des voies optiques lors de la commutation n'étant pas forcément conservé ;

les figures 5B, 5C, 5D montrent respectivement un schéma de principe d'un commutateur selon l'invention apte à remplacer un des commutateur de la figure 5A et deux modes de réalisations détaillés du commutateur de la figure 5B ;

la figure 6A est un exemple de circuit optique avec deux commutateurs point à point conventionnels destinés à commuter les voies d'une ligne optique vers les voies d'une autre ligne optique, le rang des voies optiques lors de la commutation n'étant pas forcément conservé ;

les figures 6B, 6C, 6D montrent respectivement un schéma de principe d'un commutateur selon l'invention apte à remplacer un des commutateur de la figure 6A et deux modes de réalisations détaillés du commutateur de la figure 6B.

Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après

portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

Ces différentes possibilités (variantes) doivent être comprises comme n'étant pas forcément  
5 exclusives les unes des autres.

### EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On se réfère maintenant à la figure 2A qui montre un élément de sélection Sel d'un commutateur  
10 selon l'invention. L'élément de sélection Sel illustré est capable de sélectionner une voie 1b choisie parmi plusieurs voies optiques 1a, 1b. Chacune de ces voies optiques 1a, 1b est destinée à véhiculer un faisceau optique respectivement  $\phi 1a$ ,  $\phi 1b$ . L'élément de sélection  
15 Sel transmet le faisceau optique  $\phi 1b$  issu de la voie optique sélectionnée 1b vers un dispositif utilisateur Du.

L'élément de sélection Sel comporte un élément de déviation telle qu'une lentille de déviation  
20 2a (avantageusement une micro-lentille) qui coopère avec un élément de déflexion 3a apte à prendre au moins deux positions angulaires de déflexion, par rotation autour d'un axe  $Z'$ , ces positions angulaires sont séparées de  $\Delta\theta$ . L'élément de déflexion 3a peut être  
25 avantageusement un miroir ou un micro-miroir réalisé par les techniques de micro-technologie. Les deux voies optiques 1a, 1b sont placées de sorte que l'origine des faisceaux optiques  $\phi 1a$ ,  $\phi 1b$  issus des voies optiques 1a, 1b soit au point focal objet de la lentille de  
30 déviation 2a. L'élément de déflexion 3a est situé au



point focal image de la lentille de déviation 2a. Les faisceaux optiques  $\phi_{1a}$ ,  $\phi_{1b}$  issus des voies optiques 1a, 1b sont excentrés par rapport à l'axe optique X' de la lentille de déviation 2a. Cet axe X' est représenté en pointillés. Après avoir traversé la même lentille de déviation 2a, les faisceaux optiques  $\phi_{1a}$ ,  $\phi_{1b}$  présentent une déviation angulaire  $\delta\alpha$  par rapport à l'axe optique X', ils convergent en un même point de l'élément de déflexion 3a. Les voies optiques peuvent être des fibres optiques, l'espace libre ou même des sources optiques par exemple des diodes laser.

Pour des petits angles  $\delta\alpha$ , on peut écrire :

$\delta\alpha = d/F_{2a}$  avec d distance séparant les centres des voies optiques 1a, 1b et  $F_{2a}$  focale de la lentille de déviation 2a.

Si  $\delta\alpha$  est bien choisi, suivant la position angulaire de l'élément de déflexion 3a, un seul faisceau optique  $\phi_{1b}$  issu d'une des voies optiques 1a, 1b sera dirigé, après déflexion sur l'élément de déflexion 3a, suivant l'axe optique X' de l'élément de sélection Sel et il pourra atteindre le dispositif utilisateur Du. L'axe optique X' de l'élément de sélection 3a correspond d'un côté à l'axe optique de la lentille de déviation 2a et de l'autre au même axe optique ayant été défléchi par l'élément de déflexion 3a en position de repos au milieu entre les deux positions angulaires. Dans cet exemple, l'axe optique X' en sortie de la lentille de déviation 2a fait un angle de  $45^\circ$  avec l'élément de déflexion 3a. L'autre faisceau optique  $\phi_{1a}$  qui n'est pas sélectionné sera fortement dévié et ne pourra atteindre le dispositif

utilisateur Du. En changeant l'inclinaison de l'élément de déflexion 3a, c'est l'inverse qui se produit, c'est l'autre faisceau optique  $\phi_{1a}$  qui est sélectionné. L'inclinaison de l'élément de déflexion 3a permet ainsi  
5 de sélectionner un faisceau optique plutôt qu'un autre et donc de sélectionner une voie optique plutôt qu'une autre.

Lorsque les deux faisceaux optiques  $\phi_{1a}$ ,  $\phi_{1b}$  forment un plan (hachuré sur la figure 2B) qui est  
10 perpendiculaire à l'axe de rotation de l'élément de déflexion 3a, on a simplement  $\delta\alpha = 2 \Delta\theta$ . Cette configuration est illustrée à la figure 2B.

Lorsque le faisceau optique qui est sélectionné  $\phi_{1a}$  ou  $\phi_{1b}$  et la perpendiculaire à  
15 l'élément de déflexion 3a forment un plan (hachuré sur la figure 2C) qui contient l'axe de rotation  $Z'$  de l'élément de déflexion 3a, on a  $\delta\alpha = K \Delta\theta$  avec  $K = 2^{1/2}$  dans le cas d'une incidence  $\psi$  des faisceaux optiques  $\phi_{1a}$ ,  $\phi_{1b}$  égale à  $45^\circ$ . Cette configuration est illustrée  
20 sur la figure 2C.

Les faisceaux optiques  $\phi_{1a}$ ,  $\phi_{1b}$  issus des voies optiques 1a, 1b peuvent être assimilés à des faisceaux gaussiens. Ces faisceaux gaussiens ont la propriété de rester gaussien au cours d'une succession  
25 de conjugaisons optiques. Leur rayon minimum appelé couramment « waist » (resserrement ou taille en anglais) détermine les caractéristiques du faisceau optique et en particulier sa divergence.

Au niveau de l'élément de déflexion 3a, on  
30 a une conjugaison des « waists » des faisceaux issus des voies optiques.

Il est possible d'utiliser un élément de déflexion 3a apte à prendre une position angulaire supplémentaire. En plus des deux positions angulaires évoquées plus haut, on utilise une position de repos  
5 située au milieu entre les deux positions évoquées plus haut. Cette position de repos pour être utilisée efficacement doit être suffisamment stable.

Dans ce cas, l'élément de sélection assure également une fonction de déflexion. Sur la figure 3a,  
10 l'élément de déflexion 3a est en position de repos, il est orienté à  $45^\circ$  par rapport à l'axe optique  $X'$  de la lentille de déviation 2a. Les faisceaux optiques  $\phi 1a$ ,  $\phi 1b$  issus des voies optiques 1a, 1b après avoir traversé la même lentille de déviation 2a convergent  
15 sur un même point de l'élément de déflexion 3a et repartent dans des directions  $V1$ ,  $V2$  divergentes, symétriques par rapport à l'axe optique  $X'$ . En plaçant le dispositif d'utilisation (non représenté) dans l'une des directions plutôt que dans l'autre, on sélectionne  
20 un des faisceaux optiques  $\phi 1a$  ou  $\phi 1b$ .

On démontre aisément qu'avec un bon accord entre  $\delta\alpha$  et  $\Delta\theta$  (par exemple  $\delta\alpha = \Delta\theta$  dans le cas de la figure 2C), si on modifie l'inclinaison de l'élément de déflexion 3a en lui faisant prendre l'une des positions  
25 active dite positive (figure 3B) on peut commuter le faisceau optique  $\phi 1b$  de la direction  $V2$  à la direction  $V1$ , en lui faisant prendre l'autre position active dite négative (figure 3C) on commute le faisceau optique  $\phi 1a$  de la direction  $V1$  à la direction  $V2$ .

30 Après avoir expliqué le fonctionnement d'un tel élément de sélection, on va pouvoir décrire un

commutateur selon l'invention. On se réfère aux figures 4A, 4B.

La figure 4A donne un schéma de principe d'un commutateur selon l'invention, capable de commuter en bloc les voies de la ligne optique A sur la ligne optique B et donc apte à remplacer le commutateur SW1 de la figure 1A. Il s'agit d'un commutateur à 8 entrées et 8 sorties. Il pourrait également remplacer le commutateur SW2 de la figure 1A à cause de la réversibilité.

Le commutateur est monté entre P premières lignes optiques L1 et L2 (ici P=2) et Q secondes lignes optiques L1' et L2' (ici Q=2). Les premières lignes optiques L1 et L2 regroupent chacune R (ici R=4) voies optiques référencées G11 à G14 pour la ligne L1 et G21 à G24 pour la ligne L2. R représente le rang que possède une voie optique au sein de sa ligne optique. Les secondes lignes optiques L1' et L2' regroupent chacune S (ici S=4) voies optiques référencées G11' à G14' pour la ligne L1' et G21' à G24' pour la ligne L2'. S représente le rang que possède une voie optique au sein de sa ligne optique. Dans l'exemple, les premières lignes sont des lignes d'entrée et les secondes lignent des lignes de sortie. L'inverse serait possible, le commutateur est parfaitement réversible.

Le commutateur objet de l'invention comporte des moyens de sélection MS d'au moins une voie optique, formés d'un ou plusieurs éléments de sélection Sel. Chaque élément de sélection Sel peut être conforme à celui de la figure 2a. Chacun des éléments de sélection Sel est couplé à plusieurs voies optiques

(par exemple G11 et G21 pour l'élément de sélection référencé Sel de gauche ou G11' ou G21' pour l'élément de sélection référencé Sel de droite). Ces voies optiques appartiennent à des lignes optiques L1, L2 ou L1', L2' différentes, mais elles possèdent un même rang au sein de leur ligne respective. Le rang est matérialisé ici par leur second indice et vaut 1 dans le présent exemple. Chacun des éléments de sélection Sel sélectionne une seule des voies optiques avec lesquelles il est couplé.

Dans l'exemple de la figure 4A, les moyens de sélection MS se décomposent en un premier module de sélection MSe avec un ou plusieurs éléments de sélection et un second module de sélection MSs avec un ou plusieurs éléments de sélection. Dans l'exemple, le premier module de sélection MSe est considéré comme un module d'entrée et le second module de sélection MSs est considéré comme un module de sortie.

Le commutateur objet de l'invention comporte également des moyens de connexion MC aptes à relier la voie optique sélectionnée par exemple G11 ou G11' à une des voies des Q secondes lignes optiques L1' ou L2' ou des P premières lignes optiques L1, L2 respectivement. Les moyens de connexion MC sont insérés entre les deux modules de sélection MSe, MSs.

Les moyens de connexion MC peuvent être formés par une ou plusieurs simples connexions optiques en espace libre. Il suffit de mettre en coïncidence deux à deux les éléments de sélection Sel du premier module de sélection MSe avec les éléments de sélection Sel du second module de sélection MSs. En variante, les

moyens de connexion MC peuvent être formés par une ou plusieurs connexions optiques en espace guidé et être formées par exemple de fibres optiques joignant les sorties du premier module de sélection MSe aux entrées  
5 du second module de sélection MSs.

Avec un tel commutateur qualifié d'hybride puisqu'il remplit des fonctions de sélection, les voies optiques G11 à G14 de la première ligne L1 peuvent être couplées en bloc avec les voies optiques G21' à G24' de  
10 la seconde ligne optique L2' après une double sélection. Un tel commutateur est beaucoup plus simple de réalisation que le commutateur 8x8 conventionnel SW1 de la figure 1B.

On va maintenant s'intéresser à la figure  
15 4B qui illustre en détails un commutateur selon l'invention, similaire à celui de la figure 4A.

Dans cet exemple, le premier module de sélection MSe comporte un ou plusieurs éléments de déviation l1 associés à un ou plusieurs d'éléments de  
20 déflexion  $\mu m1$  configurés comme sur la figure 2A. Les éléments de déflexion  $\mu m1$  sont aptes à prendre deux positions angulaires. Les éléments de déviation l1 et les éléments de déflexion  $\mu m1$ , au nombre de quatre dans cet exemple, sont agencés avantageusement en barrettes  
25 référencées respectivement B11 et B $\mu m1$ . De manière similaire, le second module de sélection MSs comporte un ou plusieurs éléments de déviation l1' agencés en barrette B11' associés à un ou plusieurs éléments de déflexion  $\mu m1'$  agencés en barrette B $\mu m1'$ . Les moyens de  
30 connexion MC sont formés par une ou plusieurs lentilles 12 (dans l'exemple quatre) agencées en barrette B12.

Les lentilles 12 des moyens de connexion MC peuvent être des lentilles de mise en forme qui servent à conjuguer les différents faisceaux optiques qui les traversent et assurer leur parallélisme. Chacune de ces  
5 lentilles 12 de mise en forme image le « waist » du faisceau optique transmis par la voie sélectionnée sur l'élément de déflexion  $\mu m1$  du premier module de déflexion  $B\mu m1$  à celui présent sur l'élément de déflexion  $\mu m1'$  correspondant du second module de  
10 sélection  $B\mu m1'$ .

En choisissant astucieusement les positions angulaires des éléments de déflexion  $\mu m1$  et  $\mu m1'$  des modules de sélection  $B\mu m1$  et  $B\mu m1'$ , il est possible de commuter en bloc, sans changer leur rang, les voies G11  
15 à G14 ou G21 à G24 d'une des premières lignes L1 ou L2 vers celles G11' à G14' ou G21 à G24' d'une des secondes lignes L1' ou L2' et vice versa. Un tel commutateur hybride 8x8 est extrêmement simple et compact, il ne comprend que deux barrettes de quatre  
20 éléments de déflexion. Pour mémoire, dans un commutateur classique 8x8, basé sur le schéma du commutateur de la figure 1B, il faudrait utiliser 6 barrettes d'éléments de déflexion et de lentilles à 8 éléments. Le présent commutateur lui n'utilise que 2  
25 barrettes à 4 éléments.

La figure 4C illustre un commutateur selon l'invention dérivé de celui représenté à la figure 4B, il est plus compact et comprend moins de composants que celui de la figure 4B. Le commutateur comporte toujours  
30 des moyens de sélection MS se décomposant en un premier module de sélection MSe et un second module de

sélection MSs en cascade, ces moyens de sélection coopérant avec des moyens de connexion MC. Le premier module de sélection MSe est matérialisé par des éléments l1 de déviation (par exemple des lentilles ou des micro-lentilles) agencés en barrette B11 et des éléments de déflexion  $\mu m1.1$  agencés en barrette B $\mu m1.1$ . Le second module de déflexion MSs est matérialisé par des éléments de déviation l1' (par exemple des lentilles ou des micro-lentilles) agencés en barrette B11' et des éléments de déflexion  $\mu m1.1$  agencés en barrette B $\mu m1.1$ . Dans cet exemple simplifié, les éléments de déflexion  $\mu m1.1$  sont communs au premier module de déflexion MSe et au second module de déflexion MSs. Dans cet exemple de réalisation, les éléments de déflexion  $\mu m1.1$  seront aptes à prendre plusieurs positions angulaires parmi lesquelles une position milieu de repos. Chaque élément de déflexion peut être similaire à celui illustré aux figures 3A à 3C.

Les moyens de connexion MC se décomposent en des premiers moyens de connexion Mc1 matérialisés par les éléments de déviation l1 et en des seconds moyens de connexion Mc2 matérialisés par les éléments de déviation l1'.

On comprend que lorsque les éléments de déflexion  $\mu m1.1$  sont au repos, on obtient le fonctionnement suivant : les signaux véhiculés par les voies G11 à G14 de la ligne L1 sont orientés vers les voies G21' à G24' de la ligne L2' et les signaux véhiculés par les voies G21 à G24 de la ligne L2 sont orientés en bloc vers les voies G11' à G14' de la ligne



L1'. Les commutations sont simultanées entre les lignes L1-L2' et L2-L1'.

Lorsque les éléments de déflexion  $\mu m1.1$  peuvent également prendre une position active positive, les signaux véhiculés par les voies G11 à G14 de la ligne L1 sont alors orientés en bloc vers les voies G11' à G14' de la ligne L1'. D'éventuels signaux véhiculés par les voies G21 à G24 de la ligne L2 sont perdus. Les éléments de déflexion  $\mu m1.1$  peuvent également prendre une position active négative, les signaux véhiculés par les voies G21 à G24 de la ligne L2 sont alors orientés vers les voies G21' à G24' de la ligne L2'. D'éventuels signaux véhiculés par les voies G11 à G14 de la ligne L1 sont perdus.

On va maintenant se pencher sur un second exemple d'application, illustré à la figure 5A, dans lequel un circuit optique de transmission comporte des commutateurs SW1, SW2 de l'art antérieur sous-utilisés. On retrouve à la manière de la figure 1A, deux lignes optiques A, B ayant chacune quatre voies optiques 1 à 4. Ces lignes optiques A, B sont réparties en plusieurs tronçons A1, A2, A3 et B1, B2, B3. Parmi ces tronçons on distingue un premier tronçon extrême A1, B1, un tronçon intermédiaire A2, B2 et un second tronçon extrême A3, B3. Les lignes optiques A, B coopèrent avec un premier commutateur 8x8 SW1 ainsi qu'avec un second commutateur 8x8 SW2 en cascade. La ligne optique B est une ligne de secours, elle double la ligne optique A qui est dite principale.

Le premier commutateur SW1 est monté entre le premier tronçon extrême A1 (respectivement B1) et le

tronçon intermédiaire A2 (respectivement B2) de la  
ligne A (respectivement B). Le second commutateur SW2  
est monté entre le tronçon intermédiaire A2  
(respectivement B2) et le second tronçon extrême A3  
5 (respectivement B3) de la ligne A (respectivement B).

Quatre utilisateurs à U1 à U4 sont reliés,  
par des bornes d'insertion/extraction BO appropriées,  
chacun à une voie de la ligne optique principale A et  
de la ligne optique de secours B au niveau des tronçons  
10 intermédiaires A2, B2. En cas de défaut D sur la ligne  
principale A, les signaux véhiculés par la ligne A le  
contournent en transitant grâce au commutateur SW1 par  
la voie de secours B avant de retourner grâce au  
commutateur SW2 sur la voie principale A une fois le  
15 défaut D dépassé.

La différence avec le cas illustré à la  
figure 1A est qu'entre les deux commutateurs SW1, SW2,  
les voies 1 à 4 des tronçons intermédiaires A2, B2 de  
la ligne principale A et de la ligne de protection B ne  
20 sont pas équivalentes à cause des traitements  
différents qui peuvent être introduits sur les voies 1  
à 4 par les différents utilisateurs U1 à U4.

Le commutateur SW1 doit donc être capable  
de coupler l'une quelconque des voies du premier  
25 tronçon extrême A1 vers l'une quelconque des voies du  
tronçon intermédiaire A2 de la même ligne optique A ou  
vers l'une quelconque des voies du tronçon  
intermédiaire B2 de la ligne optique de protection B.  
Cette fonctionnalité est réalisée par le commutateur  
30 SW1 point à point employé en dessous de ses capacités.  
En effet, seules quatre entrées et quatre sorties sont

utilisées en continu. Il en est de même pour le commutateur SW2 qui est également sous-utilisé.

La figure 5B illustre un schéma de principe d'un commutateur selon l'invention capable de se substituer au commutateur SW1 décrit à la figure 5A. Il serait aussi apte à remplacer le commutateur SW2 puisqu'il est réversible.

Le commutateur comporte comme dans le premier mode de réalisation de la figure 4A, des moyens de sélection MS et des moyens de connexion MC, ces derniers incluant maintenant des moyens de commutation point à point MCP. Comme précédemment le commutateur est placé entre, d'un côté deux premières lignes optiques L1, L2 et de l'autre deux secondes lignes optiques L1', L2'. Les moyens de sélection sont similaires à ceux de la figure 4A avec en cascade un premier module de sélection MSe et un second module de sélection MSs. Les moyens de commutation point à point MCP sont insérés entre les deux modules de sélection MSe, MSs.

On va se référer à la figure 5C qui illustre en détail la structure d'un tel commutateur selon l'invention. Le premier module de déflexion MSe comporte un ou plusieurs éléments de sélection formés d'éléments de déviation l1, (des lentilles au nombre de quatre dans l'exemple), agencés en barrette B11 coopérant avec un ou plusieurs éléments de déflexion  $\mu$ m1 (des miroirs au nombre de quatre) agencés en barrette B $\mu$ m1. Le second module de déflexion MSs comporte un ou plusieurs éléments de sélection formés d'éléments de déviation l1' (ici des lentilles au

nombre de quatre) agencés en barrette  $B_{l1}'$  coopérant avec un ou plusieurs éléments de déflexion  $\mu_{m1}'$  (des miroirs au nombre de quatre) agencés en barrette  $B_{\mu m1}'$ . Le premier module de sélection MSe est couplé aux  
5 lignes  $L_1$ ,  $L_2$ . Le second module de sélection MSs est couplé aux lignes  $L_1'$ ,  $L_2'$ .

Entre ces deux modules de sélection MSe et MSs en cascade, se trouvent des moyens de connexion MC incluant des moyens de commutation MCP classiques point  
10 à point (dans l'exemple  $4 \times 4$ ) similaires à ceux représentés sur la figure 1B. On a d'ailleurs référencé les différents composants qui forment ces moyens de connexion point à point MCP comme sur la figure 1B à savoir, un premier module de déflexion MDE, un module  
15 de liaison ML, un second module de déflexion MDS. Cette succession de modules de déflexion et de liaison peut être placée entre un premier module de mise en forme Ble1 et un second module de mise en forme Ble2.

Le premier module de déflexion MDE comporte  
20 un premier et un second groupes  $BF_1$ ,  $BF_2$  de plusieurs éléments de déflexion  $F_1$ ,  $F_2$ , (au nombre de quatre) par exemple agencés en barrette, séparés par un ensemble  $Ba_1$  de plusieurs éléments de conjugaison optique  $a_1$  (au nombre de quatre) agencés par exemple en barrette. Le  
25 second module de déflexion comporte un premier et un second groupes  $BF_1'$ ,  $BF_2'$  de plusieurs éléments de déflexion  $F_1'$ ,  $F_2'$  (au nombre de quatre) par exemple agencés en barrette, séparés par un ensemble  $Ba_1'$  de plusieurs éléments de conjugaison optique  $a_1'$  (au  
30 nombre de quatre) agencés par exemple en barrette. Les premier et second modules de mise en forme Ble1 et Ble2

comportent plusieurs éléments de mise en forme le1, le2  
(au nombre de quatre) qui peuvent être des lentilles  
(des micro-lentilles) agencées en barrette. Ces  
éléments de mise en forme servent également d'éléments  
5 de conjugaison image objet.

La figure 5D illustre, à la manière de la  
figure 4C, un commutateur de même type que celui de la  
figure 5C mais plus simple et compact, avec moins de  
composants. On retrouve comme sur la figure 5C en  
10 cascade entre les lignes optiques L1, L2 d'une part et  
les lignes optiques L1', L2' d'autre part, un premier  
module de sélection MSe, des moyens de connexion avec  
des moyens de commutation classiques MCP formés d'un  
premier module de déflexion MDE, d'un module de liaison  
15 ML, d'un second module de déflexion MDS et enfin un  
second module de sélection MSs. Par rapport à la  
configuration de la figure 5C, les premier et second  
modules de mise en forme sont omis dans les moyens de  
commutation point à point MCP. On verra pourquoi par la  
20 suite. Une autre différence avec la figure 5C est que  
les éléments de déflexion F1 du premier groupe BF1  
d'éléments de déflexion du premier module de déflexion  
MDE sont confondus avec les éléments de déflexion  $\mu m1$   
du premier module de sélection MSe, ainsi le premier  
25 module de mise en forme Ble1 est superflu. De la même  
manière, les éléments de déflexion F2' du second groupe  
BF2' d'éléments de déflexion du second module de  
déflexion MDS sont confondus avec les éléments de  
déflexion  $\mu m1'$  du second module de sélection MSs. Le  
30 second module de mise en forme Ble2 est superflu. Les

éléments de déflexion  $\mu m1$  et  $\mu m1'$  utilisent la position milieu comme ceux représentés aux figures 3A à 3C.

Cette configuration a comme avantage d'utiliser peu d'éléments de déflexion, cependant elle  
5 a un fonctionnement moins performant que la configuration de la figure 5C. Dans certains cas c'est suffisant. Toutefois, le nombre limité d'éléments de déflexion peut induire des passages de faisceaux optiques non désirés entre des voies optiques non  
10 utilisées. Si on utilise le commutateur en couplant la ligne L1 à la ligne L2', il est possible que simultanément, pour certaines positions angulaires d'éléments de déflexion, un faisceau optique véhiculé par une voie optique de la ligne optique L2 soit dirigé  
15 vers une voie optique de la ligne optique L1'. Ces deux lignes optiques n'étant généralement pas utilisées à ce moment, cela ne devrait pas poser de problème.

On va maintenant s'intéresser à un autre exemple de circuit de commutation dans lequel un  
20 commutateur de l'invention est particulièrement avantageux.

La figure 6A montre un circuit optique de transmission qui possède un commutateur SW11 8x4 et un commutateur SW22 4x8 point à point, ces commutateurs  
25 classiques étant sous-utilisés.

Ce circuit optique possède deux lignes optiques A, B ayant chacune quatre voies optiques 1 à 4. Ces lignes comportent chacune deux tronçons extrêmes A1, A3 et B1, B3. Les premiers tronçons extrêmes A1, B1  
30 sont reliés au premier commutateur SW11 (au niveau de son entrée). Les seconds tronçons extrêmes A3, B3 sont

reliés au second commutateur SW22 au niveau de sa sortie. Les deux commutateurs SW11, SW22 sont reliés entre eux par une ligne optique auxiliaire E ayant quatre voies optiques (non référencées). Elle relie la  
5 sortie du premier commutateur à l'entrée du second commutateur. Quatre utilisateurs à U1 à U4 sont reliés, par des bornes d'insertion/extraction BO appropriées, chacun à une voie de la ligne auxiliaire E.

Dans ce circuit, une commutation point à  
10 point doit être possible entre l'un des premiers tronçons extrêmes A1, B1 et l'un des seconds tronçons extrêmes A2, B2 à cause de la présence des bornes d'insertion/d'extraction BO. Mais toutefois la présence de deux commutateurs point à point tels que SW11 ou  
15 SW22 n'est pas nécessaire.

On se réfère à la figure 6B qui montre un schéma d'un commutateur selon l'invention qui peut se substituer au commutateur SW11. Il pourrait également remplacer le commutateur SW22 puisqu'il est réversible.

20 Il comporte en cascade des moyens de sélection avec un seul module de sélection MS et des moyens de connexion MC incluant des moyens de commutation point à point MCP. Les moyens de sélection MS sont couplés à deux lignes optiques L1, L2 et aux  
25 moyens de connexion MC. Les moyens de connexion sont couplés à une ligne auxiliaire L. Les lignes optiques L1, L2 comportent chacune quatre voies optiques référencées G11 à G14 et G21 à G24 respectivement. La  
30 ligne optique auxiliaire L comporte quatre voies optiques G31 à G34.

On va maintenant s'intéresser la figure 6C qui illustre en détail la structure d'un tel commutateur selon l'invention.

Les moyens de sélection MS comportent un  
5 seul module de sélection MS couplé aux lignes L1, L2. Ce module de sélection est similaire à celui MSe de la figure 5C avec à partir des lignes L1, L2, un ou plusieurs éléments de déviation l1 (réalisés par exemple par des lentilles), au nombre de quatre,  
10 agencés en barrette B11 suivies d'un ou plusieurs éléments de déflexion  $\mu m1$  (réalisés par exemple par des miroirs), au nombre de quatre, agencés en barrette B $\mu m1$ . Les moyens de connexion MC incluant les moyens de commutation point à point MCP sont similaires à ceux de  
15 la figure 1B avec en cascade un module de déflexion d'entrée MDE, un module de liaison ML, un module de déflexion de sortie MDS. Ces moyens de commutation peuvent être placés entre un premier et un second module de mise en forme Ble1, Ble2.

20 On se réfère maintenant à la figure 6D qui montre un commutateur selon l'invention basé sur le même principe que celui de la figure 6C mais simplifié plus compact et moins coûteux car utilisant moins de composants. Comme précédemment les éléments de  
25 déflexion F1 du premier groupe BF1 d'éléments de déflexion du premier module de déflexion MDE sont confondus avec les éléments de déflexion  $\mu m1$  du module de sélection MS. Les éléments de mise en forme le1 du premier module de mise en forme Ble1 étaient superflus,  
30 ils ont été remplacés fonctionnellement par les lentilles de déviation l1 du module de sélection MS.



Les éléments de déflexion  $\mu m1$  utilisent la position milieu comme ceux représentés aux figures 3A à 3C.

Bien que plusieurs modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits  
5 de façon détaillée, on comprendra que différents changements et modifications pourront être apportés sans sortir du cadre de l'invention.

## REVENDICATIONS

1. Commutateur optique destiné à être monté entre des premières lignes optiques (L1, L2) comportant chacune une ou plusieurs voies optiques (G11 à G14, G21 à G24) possédant un rang au sein de leur ligne optique et des secondes lignes optiques (L1', L2') comportant chacune une ou plusieurs voies optiques (G11' à G14', G21' à G24') possédant un rang au sein de leur ligne optique, caractérisé en ce qu'il comporte :
- des moyens de sélection (MS) comprenant au moins un élément de sélection (Sel) apte à sélectionner une seule voie optique parmi un ensemble d'au moins deux voies optiques des premières lignes optiques (L1, L2) ou des secondes lignes optiques (L1', L2'), les voies optiques de cet ensemble ayant un même rang,
- des moyens de connexion (MC) aptes à coupler la voie optique sélectionnée à une des voies des secondes lignes optiques ou des premières lignes optiques respectivement.
2. Commutateur optique selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est réversible.
3. Commutateur optique selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que l'élément de sélection (Sel) comporte au moins un élément de déviation (11) tel une lentille associé à au moins un élément de déflexion ( $\mu m1$ ) tel un miroir apte à prendre plusieurs positions angulaires.

4. Commutateur optique selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'une des positions est une position de repos située entre deux positions actives.

5

5. Commutateur optique selon l'une des revendications 3 ou 4, dans lequel chacune des voies optiques est destinée à véhiculer un faisceau optique ( $\phi 1a$ ,  $\phi 1b$ ), caractérisé en ce que, lorsque l'élément de déviation est une lentille de déviation (11), les voies optiques de l'ensemble sont placées de sorte que les faisceaux optiques issus desdites voies optiques ont une origine au point focal objet de la lentille de déviation, l'élément de déflexion ( $\mu m1$ ) étant placé au point focal image de la lentille de déviation (11).

15

6. Commutateur optique selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les éléments de sélection (sel) sont regroupés en un ou plusieurs modules de sélection (MSe, MSs).

20

7. Commutateur optique selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de connexion (MC) sont situés entre deux modules de sélection (MSe, MSs).

25

8. Commutateur optique selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de connexion (MC) sont situés après un module de sélection (MSe).

30

9. Commutateur optique selon l'une des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que les moyens de connexion (MC) comportent au moins une connexion optique en espace libre ou guidé.

5

10. Commutateur optique selon la revendication 9, caractérisé en ce que la connexion en espace libre comprend au moins une barrette de lentilles (Bl2).

10

11. Commutateur optique selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que les moyens de connexion (MC) comprennent un module de liaison (ML).

15

12 Commutateur optique selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que les moyens de connexion (MC) englobent des moyens de commutation point à point (MCP).

20

13. Commutateur optique selon la revendication 12, caractérisé en ce que les moyens de commutation point à point (MCP) comportent une cascade avec un premier module de déflexion (MDE), un module de liaison (ML), un second module de déflexion (MDS).

25

14. Commutateur optique selon la revendication 13, caractérisé en ce que la cascade est insérée entre un premier module de mise en forme (Ble1) et un second module de mise en forme (Ble2).

30

15. Commutateur optique selon l'une des revendications 13 ou 14, caractérisé en ce qu'un module de déflexion (MDE, MDS) des moyens de commutation point à point (MCP) comporte un ou plusieurs élément de conjugaison ( $a_1$ ,  $a_1'$ ) entre un ou plusieurs premiers éléments de déflexion ( $F_1$ ,  $F_2$ ) et un ou plusieurs seconds éléments de déflexion ( $F_1'$ ,  $F_2'$ ).

16. Commutateur optique selon la revendication 15, caractérisé en ce qu'un ou plusieurs éléments de déflexion d'au moins un module de déflexion (MDE, MDS) des moyens de commutation point à point (MCP) sont confondus avec un ou plusieurs éléments de déflexion des moyens de sélection.

15

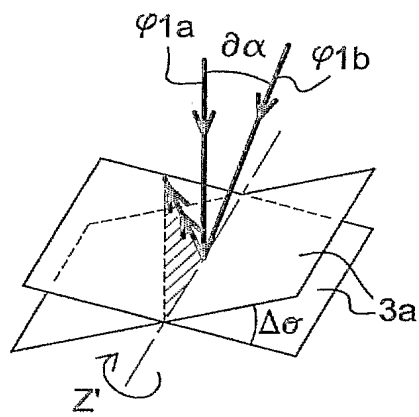
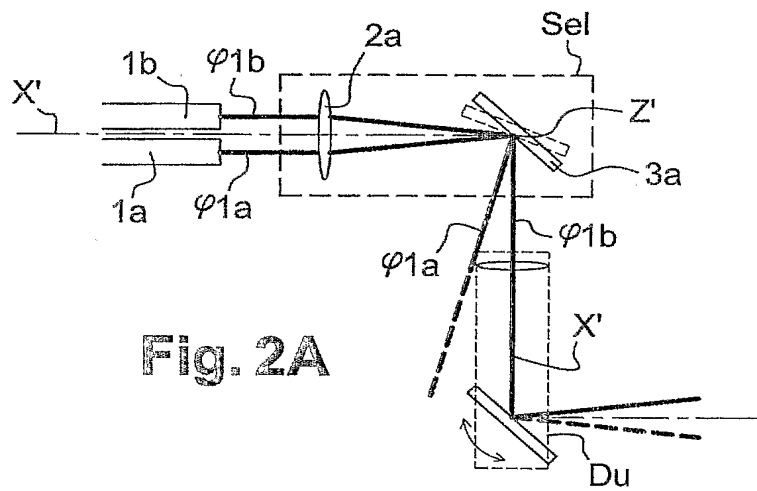
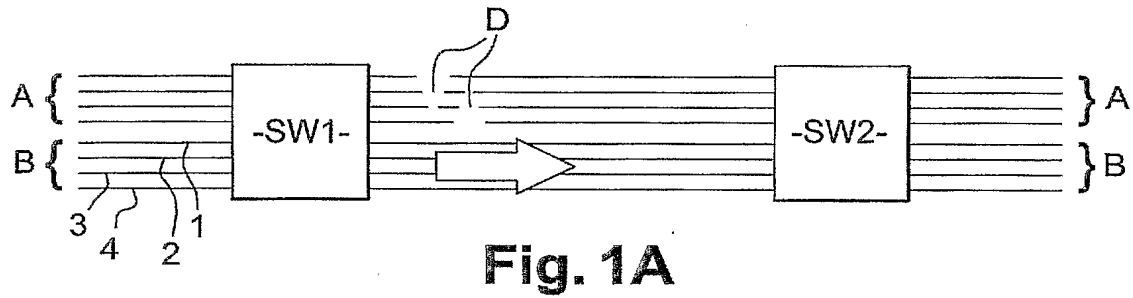


Fig. 2C

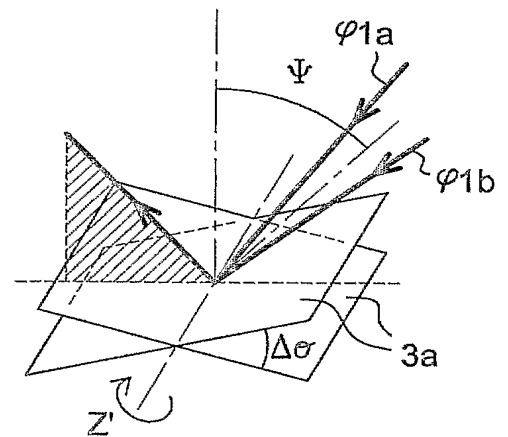


Fig. 2B

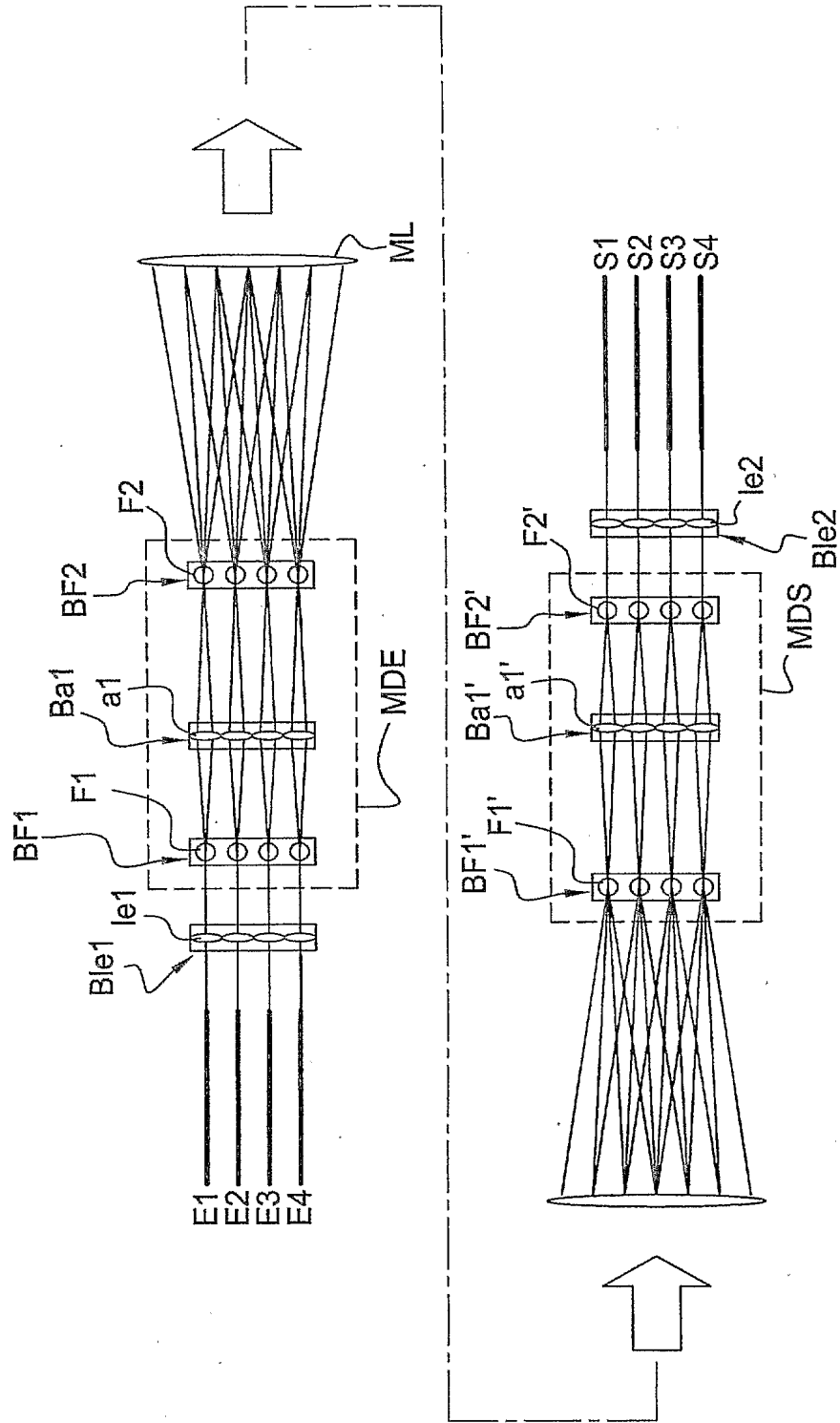
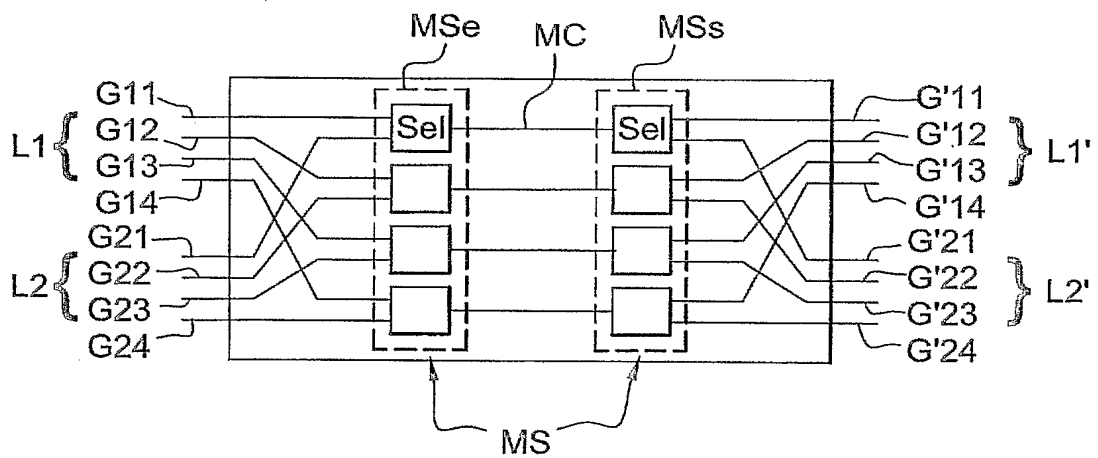
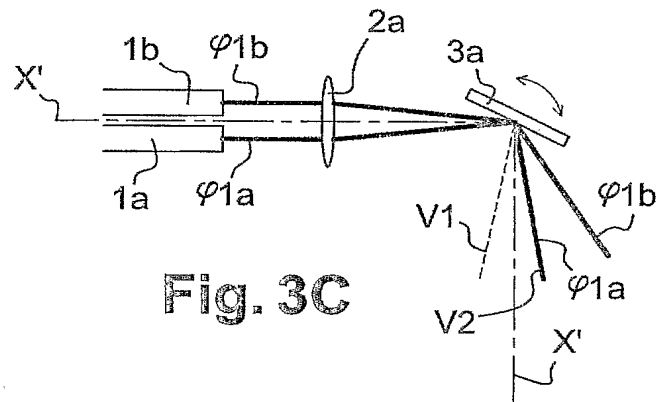
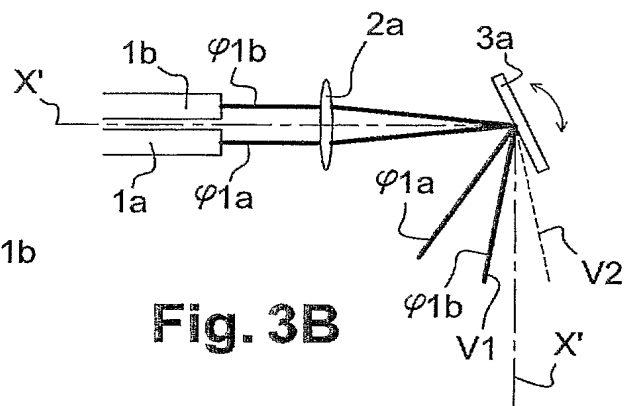
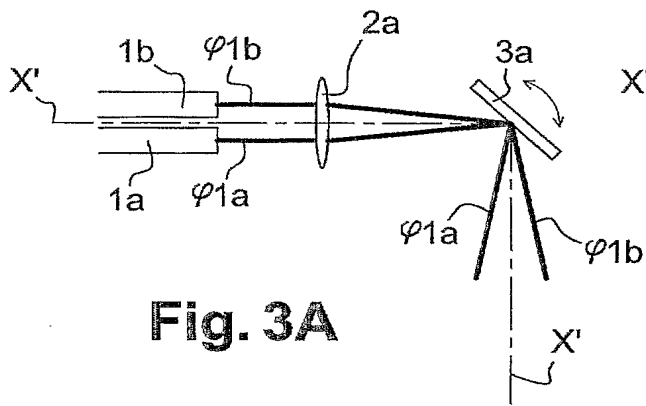


Fig. 1B





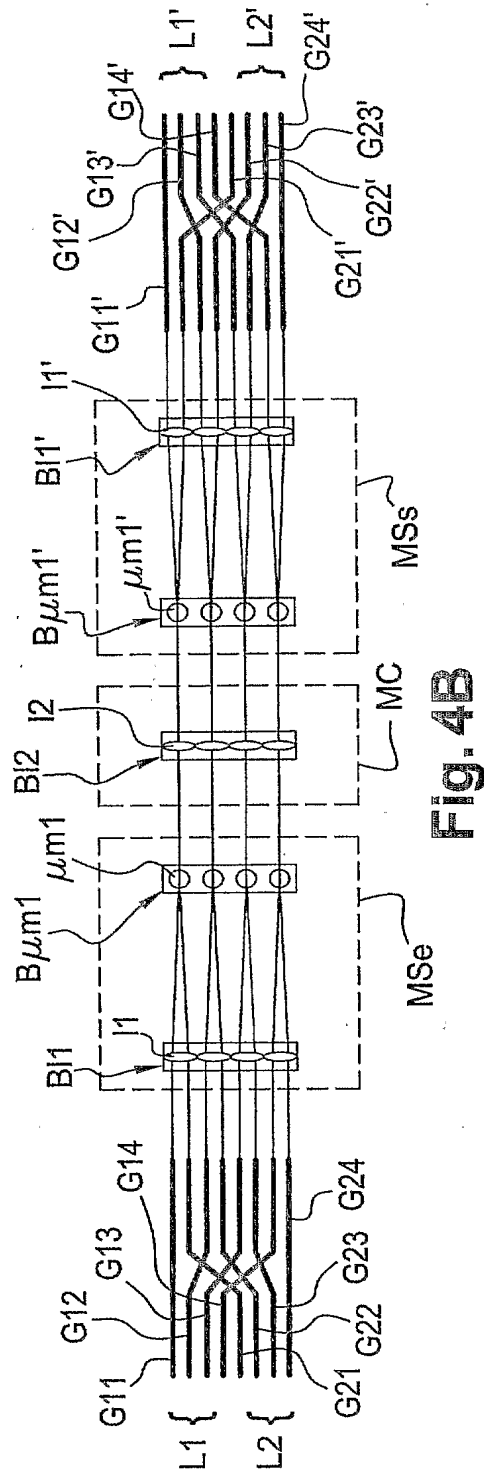


Fig. 4B

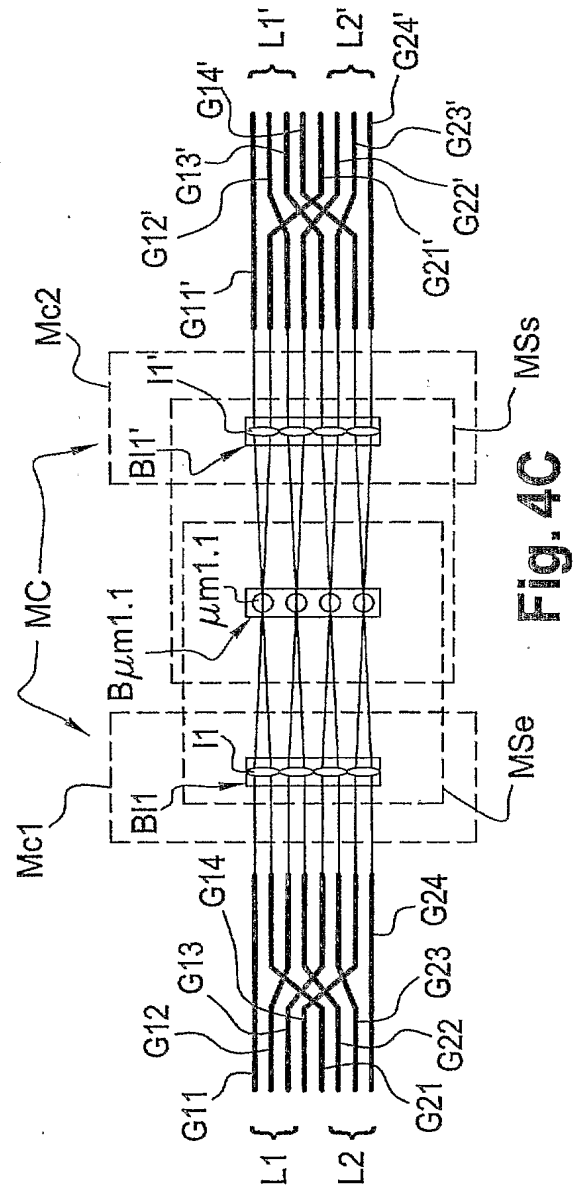


Fig. 4C

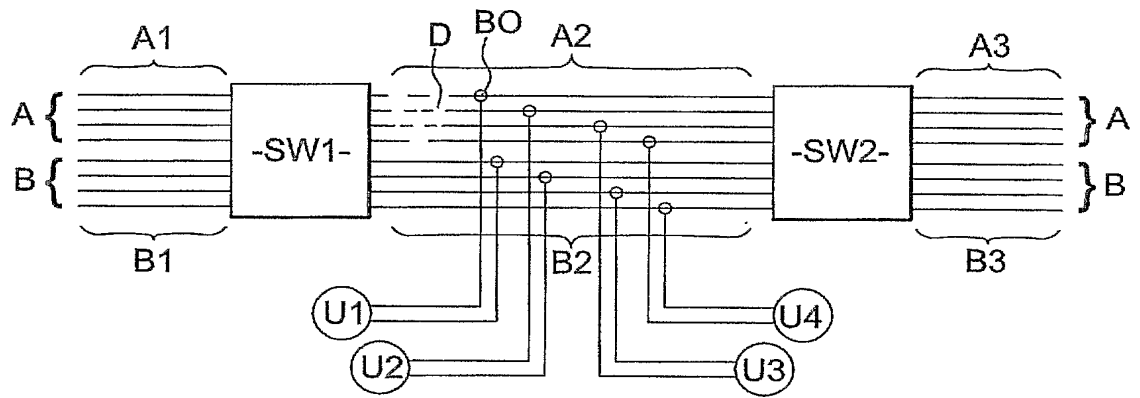


Fig. 5A

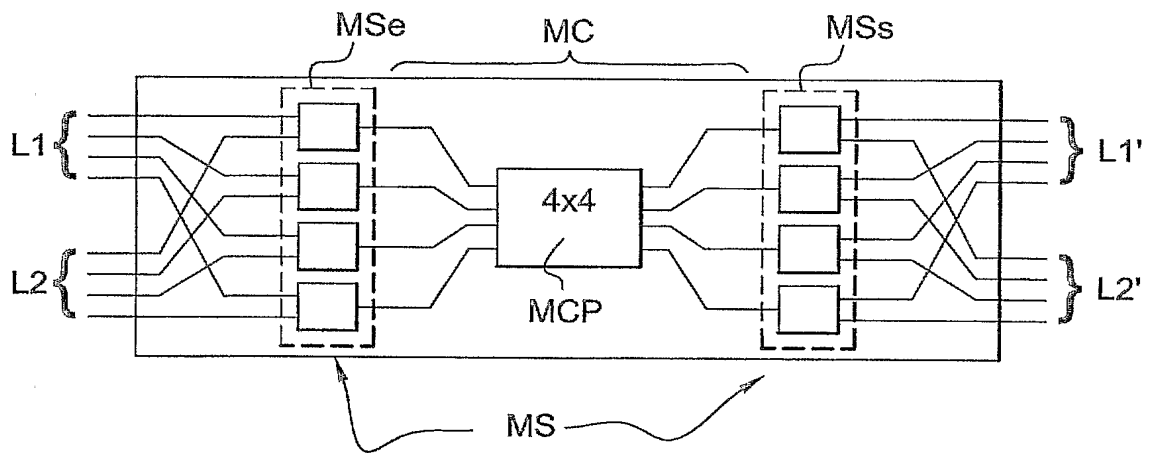


Fig. 5B

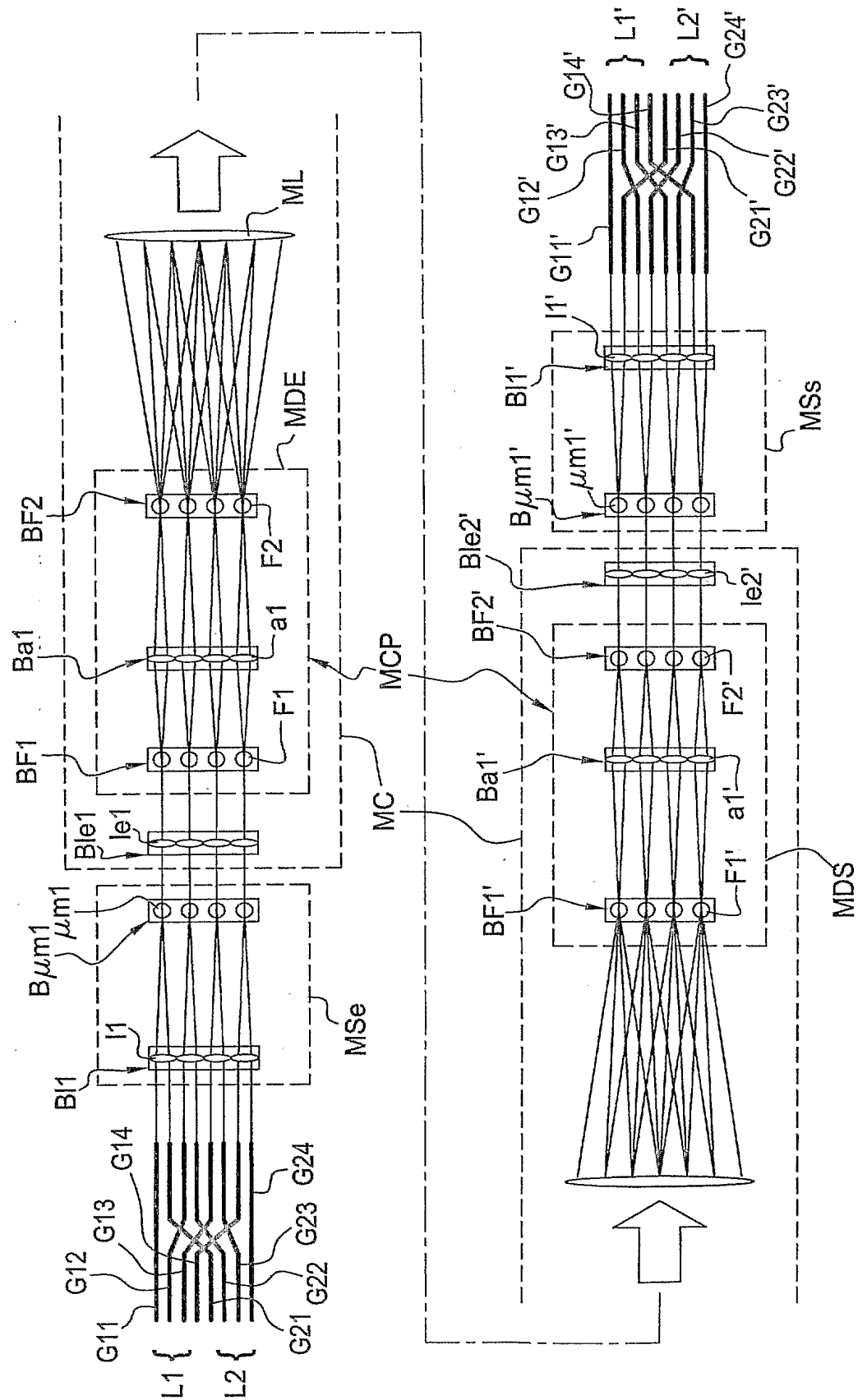
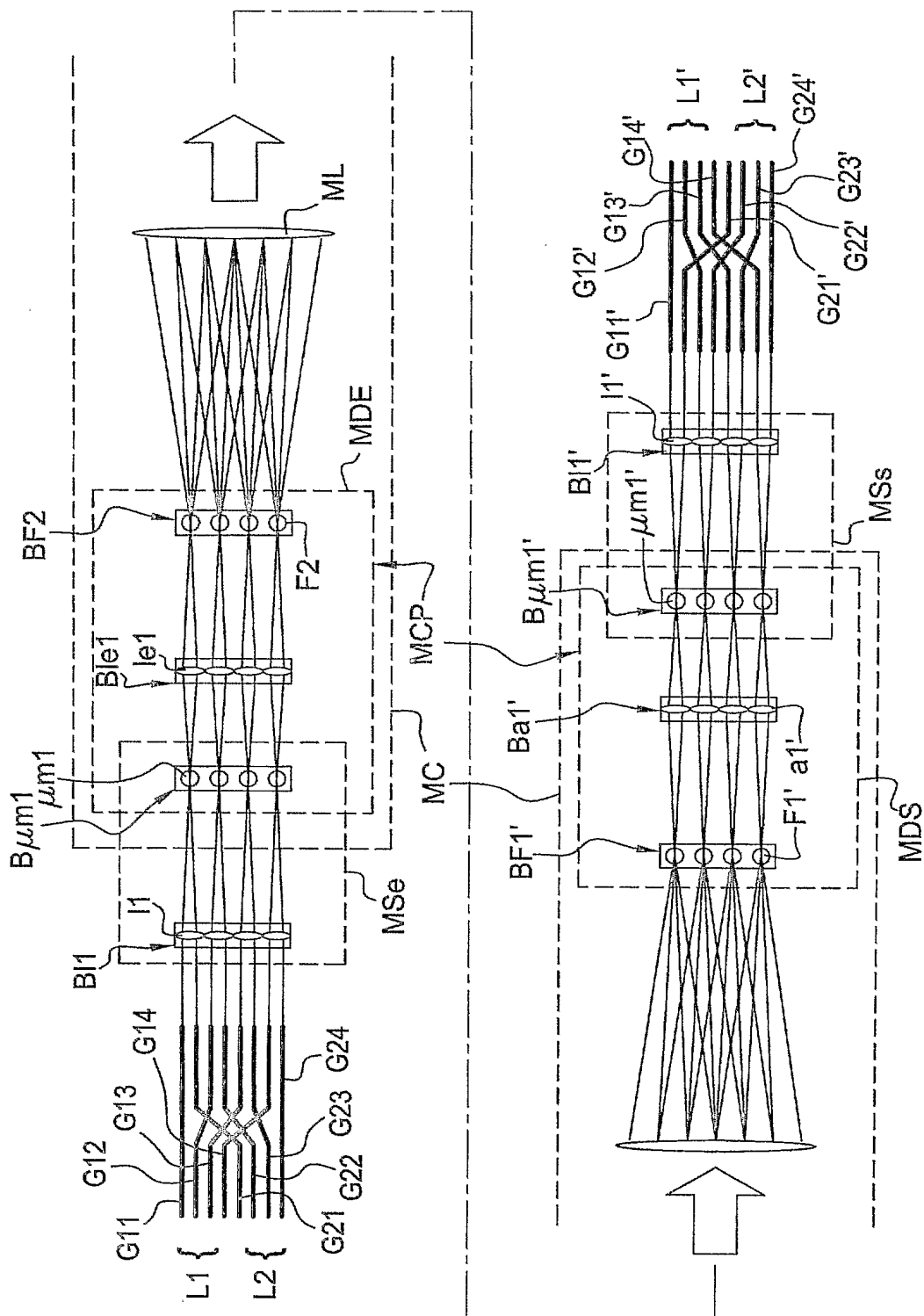
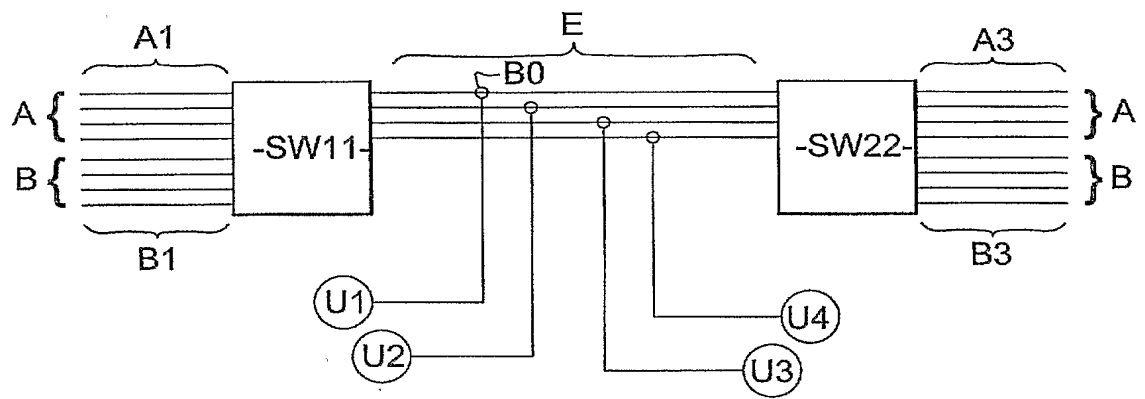
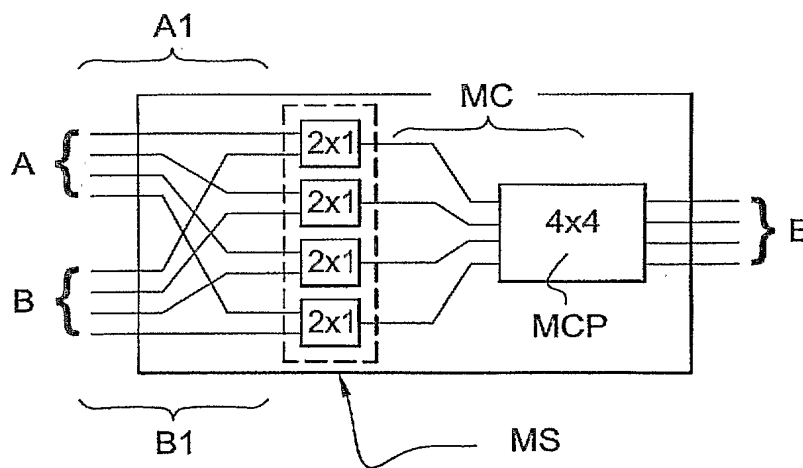


Fig. 5C



LL  
IN LIBRARY  
OF  
THE  
UNIVERSITY OF  
MICHIGAN  
ANN ARBOR  
MICHIGAN

**Fig. 6A****Fig. 6B**

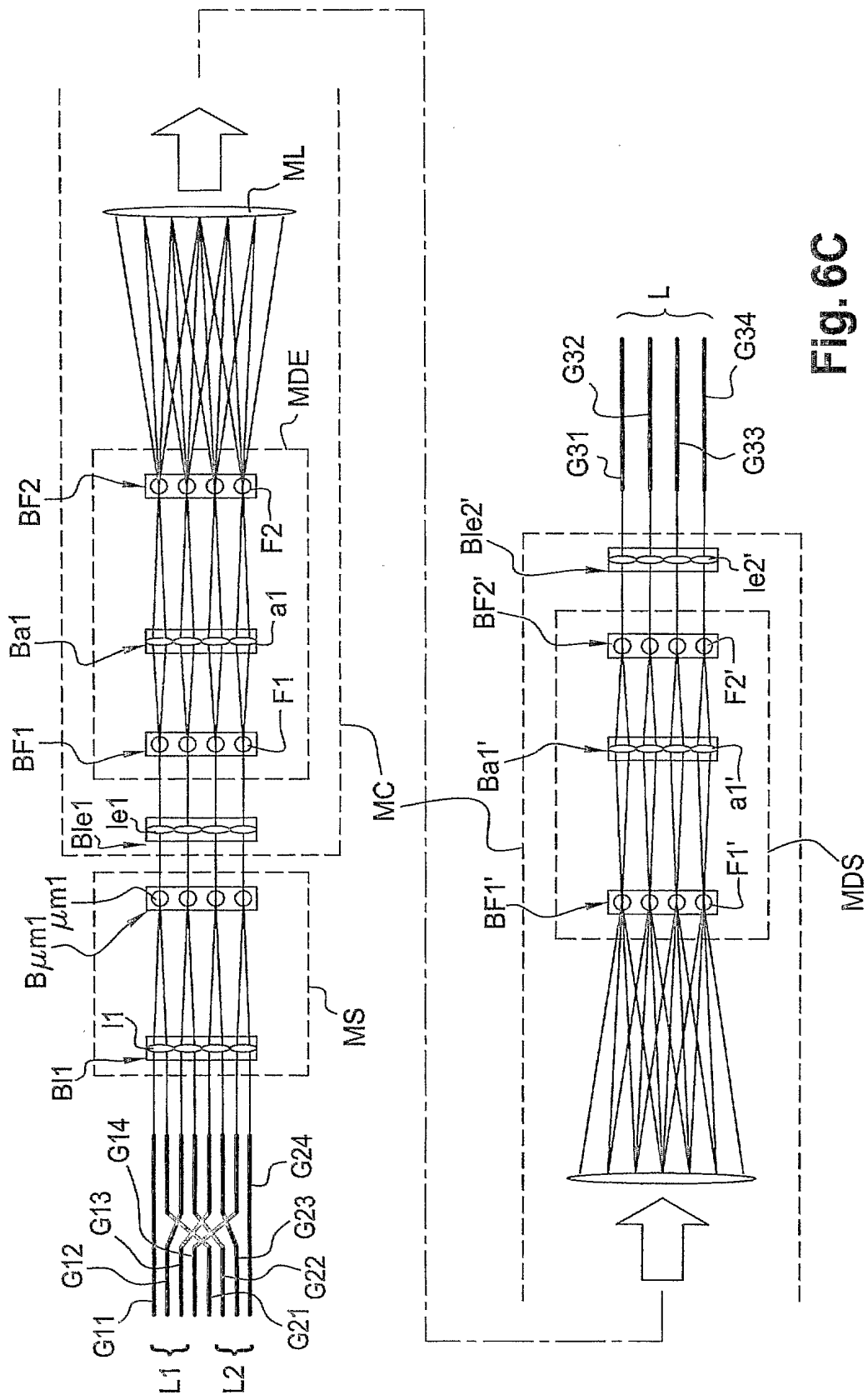
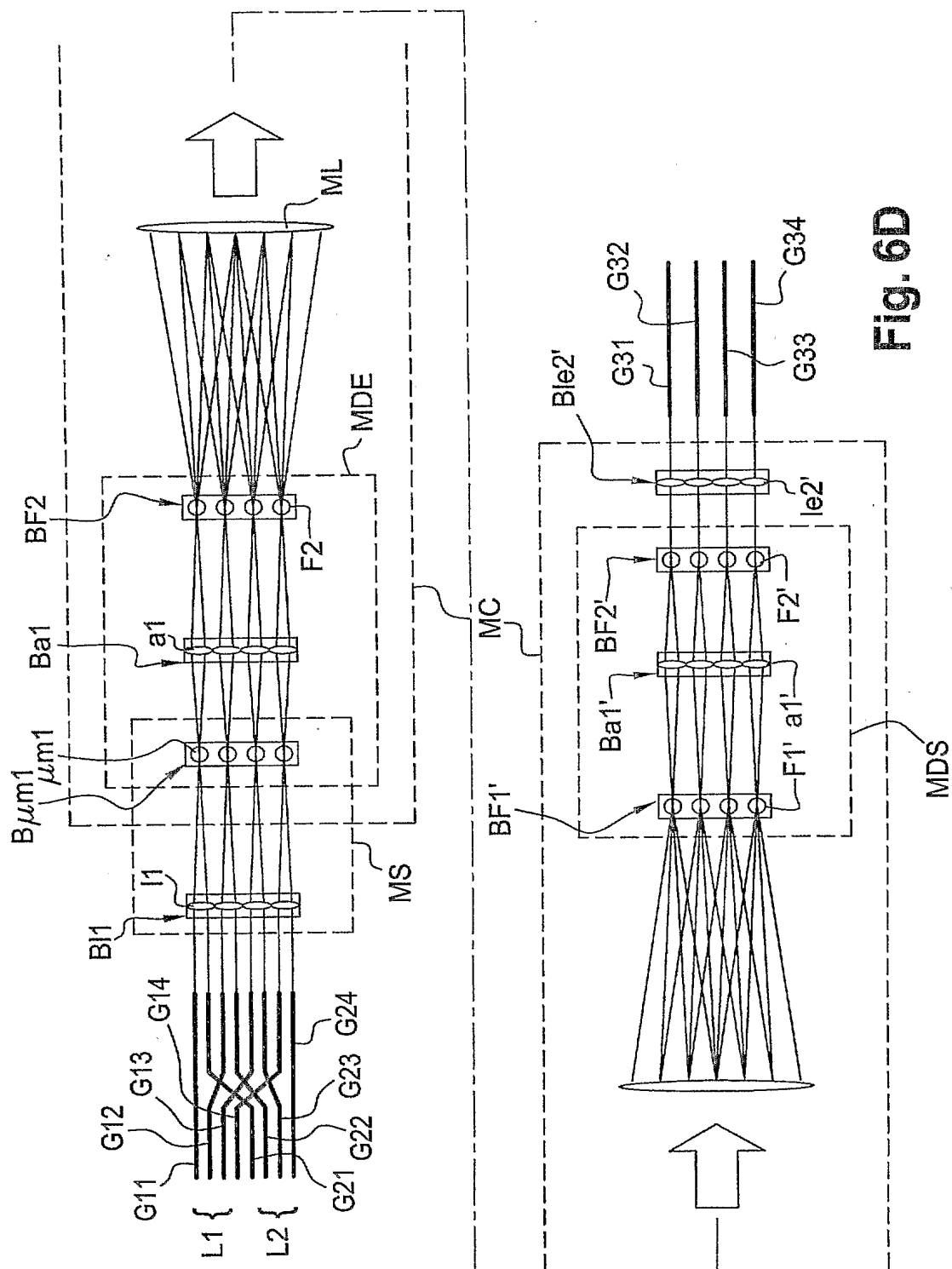


Fig. 6C





## BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

### Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier	B 14487 CS DD 2649
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL	
TITRE DE L'INVENTION	
	COMMUTATEUR OPTIQUE SIMPLIFIÉ
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):	
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):	
Inventeur 1	
Nom	MARTINEZ
Prénoms	Christophe
Rue	05, rue André Maginot
Code postal et ville	38000 GRENOBLE - FRANCE
Société d'appartenance	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

#### Signé par

Signataire: FR, Brevatome, J. Lehu

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

#### Fonction

Mandataire agréé (Mandataire 1)





U S A

2

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50  
51  
52  
53  
54  
55  
56  
57  
58  
59  
60  
61  
62  
63  
64  
65  
66  
67  
68  
69  
70  
71  
72  
73  
74  
75  
76  
77  
78  
79  
80  
81  
82  
83  
84  
85  
86  
87  
88  
89  
90  
91  
92  
93  
94  
95  
96  
97  
98  
99  
100



PCT/FR2004/050739

